

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2002-236441

(43) Date of publication of application : 23.08.2002

(51)Int.Cl. G03H 1/04  
G03H 1/08  
G03H 1/12  
G03H 1/14

(21)Application number : 2001-032752 (71)Applicant : ART NAU:KK

HAMAMATSU PHOTONICS KK

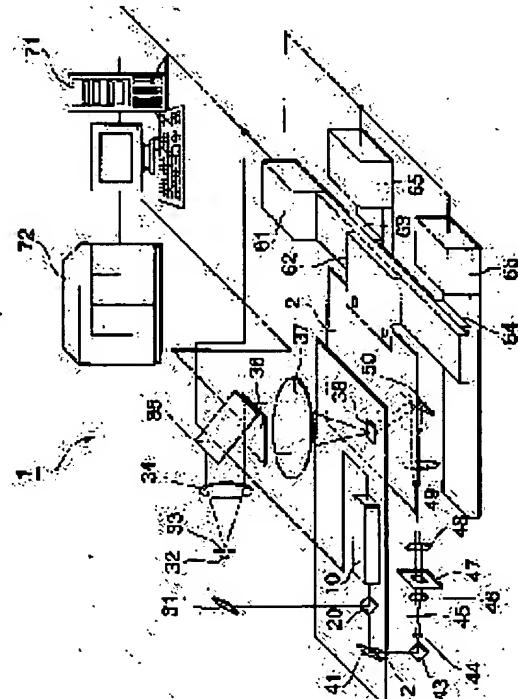
(22) Date of filing : 08.02.2001 (72) Inventor : TAKEMORI TAMIKI  
KON KENJI

(54) DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING HOLOGRAM

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a device and a method for manufacturing a hologram with a small-size and low-cost structure of the device without causing problems of vibration.

**SOLUTION:** Pulsed laser light is repeatedly emitted from a light source 10 driven by a pulsed current and the laser light emitting from the light source 10 is branched into two beams by a half mirror 20. The laser light reflected by the half mirror 20 is spatially modulated by a spatial optical modulating element 36 and the modulated laser light is made incident on a local region on a photosensitive material 2 as object light. Also, laser light passed through the half mirror 20 is made incident on the local region on the photosensitive material 2 as reference light. The photosensitive material 2 is relatively moved in the direction parallel to the plane of the photosensitive material 2 with respect to the object light optical system and the referential light optical system which the laser light is not emitted from the light source 10 so that the object light and the reference light enter the local region where an element hologram is to be formed next in the photosensitive material 2.



**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1]A device which makes object light and a reference beam interfere in two or more local domains of each on photosensitive materials, records an element hologram, and creates a hologram to said photosensitive materials, comprising:

A light source which repeats the pulse form coherent light by pulse current drive, and is outputted.

A light branching means which dichotomizes the coherent light outputted from said light source.

An object light optical system which modulates the coherent light spatially and while dichotomizing by said light branching means enters in a local domain on said photosensitive materials by making this modulated coherent light into object light.

A reference beam optical system entered in said local domain by making into a reference beam the coherent light of another side which dichotomized by said light branching means, A transportation device to which said object light optical system and said reference beam optical system, and said photosensitive materials are moved relatively to a direction parallel to a field of said photosensitive materials, A movement control means which controls movement by said transportation device so that said object light and said reference beam enter into a local domain which should create an element hologram next in said photosensitive materials in a period when the coherent light is not outputted from said light source.

[Claim 2]With a constant period and a fixed duty ratio, said light source outputs the coherent light and said movement control means, The hologram preparation device according to claim 1 characterized by what movement by said transportation device is controlled for so that said object light and said reference beam may enter into the next local domain which should create an element hologram next in said photosensitive materials in a period when the coherent light

is not outputted from said light source.

[Claim 3]The hologram preparation device according to claim 1 having further a temperature control means which controls temperature of said light source.

[Claim 4]The hologram preparation device according to claim 3 characterized by what said temperature control means controls temperature of said light source for to become the low temperature which can maintain stably wavelength of the coherent light outputted from said light source.

[Claim 5]The hologram preparation device according to claim 3 starting hologram creation after securing the stability of wavelength of the coherent light outputted from said light source with said temperature controller.

[Claim 6]It is the method of making object light and a reference beam interfere in two or more local domains of each on photosensitive materials, recording an element hologram, and creating a hologram to said photosensitive materials, Dichotomized, while dichotomized the coherent light which made repeat and output the pulse form coherent light from a light source by which the pulse current drive was carried out, and was outputted from said light source, and the coherent light is modulated spatially, It is made to enter into a local domain on said photosensitive materials by making this modulated coherent light into object light, It is made to enter into said local domain by making the coherent light of dichotomous another side into a reference beam, So that said object light and said reference beam may enter into a local domain which should create an element hologram next in said photosensitive materials in a period when the coherent light is not outputted from said light source, A hologram preparation method characterized by what said object light optical system and said reference beam optical system, and said photosensitive materials are moved for relatively to a direction parallel to a field of said photosensitive materials.

[Claim 7]In a period which outputs the coherent light with a constant period and a fixed duty ratio from said light source and when the coherent light is not outputted from said light source. So that said object light and said reference beam may enter into the next local domain which should create an element hologram next in said photosensitive materials, The hologram preparation method according to claim 6 characterized by what said object light optical system and said reference beam optical system, and said photosensitive materials are moved for relatively to a direction parallel to a field of said photosensitive materials.

[Claim 8]The hologram preparation method according to claim 6 controlling temperature of said light source in the case of hologram creation.

[Claim 9]The hologram preparation method according to claim 8 controlling temperature of said light source to become the low temperature which can maintain stably wavelength of the coherent light outputted from said light source.

[Claim 10]The hologram preparation method according to claim 8 starting hologram creation

after securing the stability of wavelength of the coherent light outputted from said light source by temperature control.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

[Field of the Invention] This invention relates to the device and method of making object light and a reference beam interfere in two or more local domains of each on photosensitive materials, recording an element hologram, and creating a hologram to photosensitive materials.

**[0002]**

[Description of the Prior Art] The holographic stereogram which is one sort of a hologram, A photographic subject is usually picturized as a photograph from various directions, a laser beam is spatially modulated with these common photographs, an element hologram is recorded on the local domain of the photosensitive materials for holograms of one sheet by making this modulated laser beam into object light, such an element hologram is recorded for every local domain, and it is created. There are a one-dimensional thing and a two-dimensional thing in such a holographic stereogram. The Lippmann type holographic stereogram which object light and a reference beam enter into photosensitive materials from a mutually different side, and an element hologram is recorded, and is created, Since a reconstruction image is observable by the side as the side which enters into photosensitive materials with same illumination light at the time of reproduction, it is used, for example as an object for wall tapestries. The art which creates such a hologram for example, The literature 1 "JP,3-249686,A" and the literature 2 "M. Yamaguchi, et al., "Development of a prototype full-parallax holoprinter", Proc. SPIE, Vol.2406, It is indicated by pp.50-56(1995)."

**[0003]** Drawing 11 is an explanatory view of the conventional hologram creation art indicated in these articles. In the device shown in this figure, the laser beam outputted from the laser light source 111 is dichotomized with the half mirror 112, One side of the dichotomous laser beam is entered in the spatial light modulation element 115 through the mirror 113 and the lens

system 114 one by one, and the photosensitive materials 117 are entered through the lens 116 by making into object light the laser beam which received abnormal conditions by the spatial light modulation element 115. The photosensitive materials 117 are entered from behind through the mirror 118 by making into a reference beam another side of the laser beam which dichotomized with the half mirror 112. The object light and the reference beam which entered into the photosensitive materials 117 are made to interfere mutually, and an element hologram is recorded. And while changing the picture shown to the spatial light modulation element 115, the photosensitive materials 117 are moved, an element hologram is recorded on two or more local domains of each on the photosensitive materials 117 one by one, and the Lippmann type holographic stereogram is created on the photosensitive materials 117. Thus, many element holograms are recorded by array form on the photosensitive materials 117 at intervals of 0.3 mm - 0.5 mm, and the Lippmann type holographic stereogram is created. At the time of reproduction, by entering the illumination light in the same direction as the incidence direction of the above-mentioned reference beam, object regenerated light occurs from each element hologram on the photosensitive materials 117, it is an illumination-light incidence side and a reconstruction image can be observed.

[0004]While changing the picture shown to the spatial light modulation element 115, it is necessary to make it object light and a reference beam not enter into the photosensitive materials 117 in the above-mentioned hologram creation art in the period to which the photosensitive materials 117 are moved. So, in the hologram creation art indicated in the literature 2, a helium-Ne laser light source is used as the laser light source 111, and the ultrasonic deflection element is used as a shutter mechanism which controls a penetration/interception of the laser beam (object light, reference beam) outputted from this laser light source 111.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]Gas laser light sources, such as a helium-Ne laser light source and Ar laser light source, are excellent about the wavelength and the coherent stability of the laser beam outputted. However, since it has the problem that a gas laser light source is large-sized and ON and OFF of the output of a laser beam cannot be controlled by a drive circuit, a shutter mechanism is needed for this control.

[0006]A mechanical shutter and an ultrasonic deflection element may be used as this shutter mechanism. Since a mechanical shutter generates vibration, on the occasion of hologram creation, the measure to this vibration is needed. For example, generally arranging the maintaining structure or the mechanical shutter holding photosensitive materials in the air, or arranging it using the charge of a cushioning material is performed so that vibration may not get across to the maintaining structure holding photosensitive materials. On the other hand, at very high speed, if an ultrasonic deflection element makes this optical crystal generate periodic

refractive index distribution by making an optical crystal spread an ultrasonic wave, it can carry out the Bragg diffraction of the laser beam according to this periodic refractive index distribution, and can control a penetration/interception of a laser beam. The ultrasonic deflection element is preferred also at the point of not generating vibration. However, the ultrasonic deflection element is expensive.

[0007] This invention is made in order to cancel the above-mentioned problem, and it is a thing. The purpose is small, is a low price and is providing the hologram preparation device and method which the problem of vibration does not produce.

[0008]

[Means for Solving the Problem] A hologram preparation device concerning this invention is provided with the following.

It is a device which makes object light and a reference beam interfere in two or more local domains of each on photosensitive materials, records an element hologram, and creates a hologram to photosensitive materials, and is (1). Light source which repeats the pulse form coherent light by pulse current drive, and is outputted

(2) A light branching means which dichotomizes the coherent light outputted from a light source.

(3) While dichotomized by a light branching means and the coherent light is modulated spatially, An object light optical system entered in a local domain on photosensitive materials by making this modulated coherent light into object light, (4) A reference beam optical system entered in a local domain by making into a reference beam the coherent light of another side which dichotomized by a light branching means, (5) A transportation device to which an object light optical system and a reference beam optical system, and photosensitive materials are moved relatively to a direction parallel to a field of photosensitive materials, (6) A movement control means which controls movement by a transportation device so that object light and a reference beam enter into a local domain which should create an element hologram next in photosensitive materials in a period when the coherent light is not outputted from a light source.

[0009] A hologram preparation method concerning this invention is the method of making object light and a reference beam interfere in two or more local domains of each on photosensitive materials, recording an element hologram, and creating a hologram to photosensitive materials, (1) Make the pulse form coherent light repeat and output from a light source by which the pulse current drive was carried out, and it is (2). The coherent light outputted from a light source is dichotomized, and it is (3). While dichotomized and the coherent light is modulated spatially, It is made to enter into a local domain on photosensitive materials by

making this modulated coherent light into object light, (4) Make it enter into a local domain by making the coherent light of dichotomous another side into a reference beam, (5) Move relatively to a direction parallel to a field of photosensitive materials an object light optical system and a reference beam optical system, and photosensitive materials so that object light and a reference beam may enter into a local domain which should create an element hologram next in photosensitive materials in a period when the coherent light is not outputted from a light source.

[0010]According to this hologram preparation device or the hologram preparation method, the coherent light outputted from a light source by which the pulse current drive was carried out dichotomizes by a light branching means. The coherent light is spatially modulated by object light optical system, and while dichotomizing enters into a local domain on photosensitive materials as object light. The coherent light of dichotomous another side enters into a local domain on photosensitive materials as a reference beam according to a reference beam optical system. Thus, an element hologram is recorded on a local domain into which object light and a reference beam entered. After record of an element hologram is completed in one local domain, by a transportation device controlled by a movement control means in a period when the coherent light is not outputted from a light source by an output of the coherent light from a light source serving as OFF. An object light optical system and a reference beam optical system, and photosensitive materials move relatively so that object light and a reference beam may enter into a local domain which should create an element hologram next in photosensitive materials. And after this movement is completed, the coherent light is outputted from a light source and an element hologram is recorded on a new local domain. By repeating this, an element hologram is recorded on two or more local domains of each on photosensitive materials, and a hologram is created by photosensitive materials. Thus, according to this invention, while using a light source which repeats the pulse form coherent light by pulse current drive, and is outputted, photosensitive materials are moved to a period when the coherent light is not outputted from a light source so that object light and a reference beam may enter into a local domain which should create an element hologram next. By doing in this way, a mechanical shutter which generates vibration, and an expensive ultrasonic deflection element are unnecessary, thereby, an equipment configuration is a low price and a problem of vibration does not arise. Since a semiconductor laser light source and a source of solid laser light are used as a light source, an equipment configuration will become small.

[0011]In a hologram preparation device concerning this invention, a light source, With a constant period and a fixed duty ratio, output the coherent light and a movement control means, Movement by a transportation device is controlled so that object light and a reference beam enter into the next local domain which should create an element hologram next in photosensitive materials in a period when the coherent light is not outputted from a light

source. In a hologram preparation method concerning this invention. So that object light and a reference beam may enter into the next local domain which should create an element hologram next in photosensitive materials in a period which outputs the coherent light with a constant period and a fixed duty ratio from a light source, and when the coherent light is not outputted from a light source, An object light optical system and a reference beam optical system, and photosensitive materials are moved relatively to a direction parallel to a field of photosensitive materials. In this case, a period when the coherent light is outputted from a light source is fixed time, and a period when the coherent light is not outputted from a light source is also fixed time. And an object light optical system and a reference beam optical system, and photosensitive materials move to a period when the coherent light is not outputted from a light source relatively. Therefore, migration length to the next local domain which should be exposed next from a local domain which ended exposure can be set the shortest and always constant, and time taken to expose the whole photosensitive materials and to create a hologram can be made into the shortest. Since a light source outputs the coherent light with a constant period and a fixed duty ratio, it becomes easy to control a light source to constant temperature, wavelength of the coherent light outputted from a light source is stabilized, and creation of a stable hologram of it is attained.

[0012]A hologram preparation device concerning this invention is further provided with a temperature control means which controls temperature of a light source. A hologram preparation method concerning this invention controls temperature of a light source in the case of hologram creation. In this case, it is suitable, when securing the wavelength stability of the coherent light outputted from a light source by controlling temperature of a light source and creating a stable hologram so that it may become preset temperature within the limits.

[0013]A temperature control means controls temperature of a light source by a hologram preparation device concerning this invention to become the low temperature which can maintain stably wavelength of the coherent light outputted from a light source. A hologram preparation method concerning this invention controls temperature of a light source to become the low temperature which can maintain stably wavelength of the coherent light outputted from a light source. Since the oscillation wavelength change to a unit temperature change at the time of low temperature is smaller as compared with oscillation wavelength change to a unit temperature change at the time of an elevated temperature, by controlling temperature of a light source at low temperature, Even if there is a dormant period of driving current of a certain grade (for example, when distance of movement to a local domain which should be recorded on the next is equivalent to a part for one side of the abbreviation for photosensitive materials), a light source can be used without causing a wavelength variation comparatively.

[0014]In a hologram preparation device concerning this invention, hologram creation is started, after securing the stability of wavelength of the coherent light outputted from a light source with

a temperature controller. A hologram preparation method concerning this invention starts hologram creation, after securing the stability of wavelength of the coherent light outputted from a light source by temperature control. In this case, since creation of an element hologram is started after supplying a power supply to a drive circuit which supplies driving current to a light source, and the stability of wavelength of the coherent light outputted from a light source is secured, positive exposure start timing can be obtained. Since a temperature control means generally controls temperature of a light source based on a difference of the degree of real temperature measurement of a light source, and preset temperature, it can detect stable attainment of wavelength of the coherent light outputted from a light source by monitoring a difference of the degree of real temperature measurement of a light source, and preset temperature.

[0015]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, with reference to an accompanying drawing, an embodiment of the invention is described in detail. In explanation of a drawing, the same numerals are given to the same element and the overlapping explanation is omitted to it.

[0016]Drawing 1 is a lineblock diagram of the hologram preparation device 1 concerning this embodiment. It is what the light source 10 is controlled by the computer 71, repeats a pulse form laser beam (coherent light) by pulse current drive, and is outputted, For example, a semiconductor laser light source is used suitably, or the source of solid laser light (what makes excitation light the laser beam outputted from the semiconductor laser light source) is also used suitably. The half mirror 20 (light branching means) inputs the laser beam outputted from the light source 10, reflects a part, makes the remainder penetrate, and dichotomizes a laser beam.

[0017]It is reflected by the mirror 31, and it is condensed with the lens 32, passes through the pinhole 33, is considered as a parallel beam with the lens 34, it is reflected by the mirror 35, and the laser beam reflected by the half mirror 20 enters into the spatial light modulation element 36. The spatial light modulation element 36 is controlled by the high-speed special-purpose computer 72, modulates the inputted laser beam spatially, and makes object light this modulated laser beam. It converges with the lens 37, and the object light outputted from the spatial light modulation element 36 passes the mask 38, and enters into the local domain specified with the mask 38 among the photosensitive materials 2. That is, the optical system of a to [ the mask 38 ] from the mirror 31 acts as an object light optical system which modulates spatially the laser beam reflected by the half mirror 20, and enters this object light in the local domain on the photosensitive materials 2 as object light.

[0018]The relative location of the spatial light modulation element 36 and the lens 37 may have various modes. When writing a computer hologram in the spatial light modulation element 36, adhesion arrangement of the spatial light modulation element 36 and the lens 37 is carried out.

When writing the perspective transformation image in the case of creating the usual stereogram in the spatial light modulation element 36, the spatial light modulation element 36 is arranged at the position of the anterior focal point of the lens 37. Distance is chosen suitably and it is arranged so that the real image thru/or virtual image of the spatial light modulation element 36 with the lens 37 may be in agreement with a viewpoint. The computer hologram given to the spatial light modulation element 36 reads the picture which could be calculated one by one by the high-speed special-purpose computer 72, and could be given, or was calculated beforehand one by one, and may be given.

[0019]It is reflected by the mirror 41, and the breakthrough 42 is passed, and it is reflected by the mirror 43, and is condensed with the lens 44, and the laser beam which penetrated the half mirror 20 passes through the pinhole 45, and let it be a parallel beam with the lens 46. The mask 47 is passed, it is reflected by the mirror 50 through the lens 48 and the lens 49, and the laser beam which was made into the parallel beam with the lens 46, and was outputted enters as a reference beam from the rear face of the photosensitive materials 2. The optical system until it results in the photosensitive materials 2 through the lens 48 and the lens 49 from the mask 47 constitutes the afocal optical system so that a reference beam may enter into the local domain of the photosensitive materials 2 specified with the mask 38 in an object light optical system. That is, the optical system to the mirror 50 from the mirror 41 acts as a reference beam optical system entered in the local domain on the photosensitive materials 2 by making into a reference beam the laser beam which penetrated the half mirror 20.

[0020]X stage 61 holds the photosensitive materials 2, and moves the photosensitive materials 2 in the direction of X by the pulse motor 62. The Y stages 63 and 64 move X stage 61 in the direction of Y by the pulse motors 65 and 66. the pulse motors 62, 65, and 66 -- each is controlled by the computer 71. The direction of X and the direction of Y are directions parallel to the field of the photosensitive materials 2, and lie at right angles mutually. That is, X stage 61, the pulse motor 62, the Y stages 63 and 64, and the pulse motors 65 and 66 act as a transportation device to which the photosensitive materials 2 are moved relatively to a direction parallel to the field of the photosensitive materials 2 to an object light optical system and a reference beam optical system.

[0021]the period when, as for the computer 71, the laser beam is not outputted from the light source 10 -- the pulse motors 62, 65, and 66 -- it is controlling each, and X stage 61 and the Y stages 63 and 64 are moved, and the local domain on the photosensitive materials 2 which should record an element hologram is specified. That is, the computer 71 acts as a movement control means which controls movement of the photosensitive materials 2 so that object light and a reference beam may enter into the local domain which should create an element hologram next in the photosensitive materials 2 in the period when the laser beam is not outputted from the light source 10. The computer 71 is changed into partial hologram

coordinates from the coordinates of the virtual body which should indicate by a hologram based on the position of the local domain on the photosensitive materials 2 which should record an element hologram, and gives the position data of these partial hologram coordinates to the high-speed special-purpose computer 72. And the high-speed special-purpose computer 72 calculates a computer hologram, in stereogram record, creates a perspective transformation image, and is made to display it on the spatial light modulation element 36, or to display it on the spatial light modulation element 36. The light source 10 is driven, a laser beam is generated, only the effective area integration of the mask 38 exposes the photosensitive materials 2, and the computer 71 creates an element hologram. Next, the computer 71 suspends the drive of the light source 10, moves the photosensitive materials 2, and repeats the above-mentioned operation. Thus, an element hologram is recorded on two or more local domains of each on the photosensitive materials 2, and the hologram and stereogram from a wave front of a virtual body are created on the photosensitive materials 2.

[0022] Drawing 2 is a sectional view of the light source 10 circumference of the hologram preparation device 1 concerning this embodiment. The temperature control means which controls the temperature of the light source 10 is shown in this figure. On the insulating supports 11 which adiathermancy, such as an acrylic, becomes from a high material, the case 12 made from copper with high thermal conductivity, etc. is arranged, the thermoelectric-cooling machines 13, such as a Peltier device, are arranged on this case 12, and the heat sink 14 is further arranged on this thermoelectric-cooling machine 13. In the case 12, the optics 15, such as the light source 10 driven by current and a lens, are enclosed. In the case 12, the optical crystals 16, such as YAG which generates the harmonics of the laser beam outputted from the light source 10, and the filter 17 which intercepts except harmonics are added. In the case 12, the temperature sensors 18, such as a thermo sensitive register, are also embedded. And based on the temperature measurement signal outputted from the temperature sensor 18, current is added to the thermoelectric-cooling machine 13, temperature control of the light source 10 is carried out, and it is maintained at constant temperature.

[0023] Drawing 3 is a circuit diagram of the drive circuit which drives the light source 10 of the hologram preparation device 1 concerning this embodiment. This drive circuit is provided with the resistor R1, R2, R3, and the transistor Tr, and is constituted. It is connected with the emitter terminal of the transistor Tr via the resistor R1, and the cathode terminal of the semiconductor laser light source which is the light source 10 is directly connected with the collector terminal of the transistor Tr. The anode terminal of the light source 10 is connected with the base terminal of the transistor Tr via the resistor R2 and the resistor R3. The power supply voltage Vcc is supplied to the position between the resistor R2 and the resistor R3. The control signal for controlling the output of the laser beam from the light source 10 is supplied to the base terminal of the transistor Tr.

[0024] If it is made to ground by an open collector etc. so that the base terminal of the transistor Tr may be made into an emitter terminal and same electric potential, the transistor Tr will be in an OFF state and the light source 10 will be in the power supply voltage Vcc and the resistor R1, and the bias current state in front of luminescence determined with the resistance of R2. In order to make the light source 10 emit light, base current flows from the resistor R3 by separating the base terminal and emitter terminal of the transistor Tr electrically, and the transistor Tr is set to ON. Therefore, the light source 10 will emit light according to the driving current determined with the power supply voltage Vcc and the resistance of the resistor R2. The circuit shown in drawing 3 is a fundamental circuit, and parts, such as a coil for controlling the protective diode for protecting the light source 10, a capacitor, and overshooting and undershoot of driving current actually, are used. It may not be limited to the gestalt which sets constant the driving current in a light emission period, and the drive by the high frequency current may be sufficient.

[0025] As a method of driving the semiconductor laser light source which is the light source 10, The ACC drive method which holds fixed driving current by a drive circuit as shown in drawing 3 is known, and also. The APC drive method which controls a semiconductor laser light source to monitor the output of the photo-diode enclosed with the inside of a package, and to become fixed optical power with a semiconductor laser light source is known. In order to apply the APC drive method to the hologram preparation device 1, the OFF period needs to remove control of an APC drive and serves as complicated circuitry somewhat. However, the ACC drive method is suitable for driving the light source 10 which repeats and outputs a pulse form laser beam in the hologram preparation device 1 in order to only take into consideration that during ON period sends constant current.

[0026] Drawing 4 is a figure explaining ON/OFF of the driving current in the hologram preparation device 1 concerning this embodiment supplied to the light source 10, change of the coherence states of the laser beam outputted from the light source 10 and movement/stop of the stages 61, 63, and 64, and each timing. The light source 10 repeats a pulse form laser beam by pulse current drive, and outputs. Immediately after carrying out the output start of the laser beam from the light source 10, coherence is low, and, as for the laser beam, it is unsuitable for recording an element hologram. However, the state where coherence is low is ended for a short time compared with the period when the laser beam is outputted from the light source 10. Therefore, the period of the state where coherence is high turns into a period which records an element hologram substantially. The stages 61, 63, and 64 have stopped the period when the laser beam is outputted from the light source 10, The photosensitive materials 2 are moved so that object light and a reference beam may enter into the local domain which should create an element hologram next in the photosensitive materials 2 within the period when the laser beam is not outputted from the light source 10. Thus, when the light source 10

repeats ON/OFF with a constant period, generation of heat and the temperature control mechanism by the driving current of the light source 10 are balanced over a long time, and stable interference record can be performed.

[0027]Using the hologram preparation device 1 concerning this embodiment mentioned above, object light and a reference beam are made to interfere in the hologram preparation method concerning this embodiment in two or more local domains of each on the photosensitive materials 2, it records an element hologram, and creates a hologram to the photosensitive materials 2. That is, in the hologram preparation method concerning this embodiment, the laser beam which made repeat and output a pulse form laser beam under control by the computer 71 from the light source 10 by which the pulse current drive was carried out, and was outputted from this light source 10 is dichotomized with the half mirror 20. And the laser beam reflected by the half mirror 20 is spatially modulated by the spatial light modulation element 36, and it is made to enter into the local domain on the photosensitive materials 2 by making this modulated laser beam into object light according to an object light optical system. It is made to enter into the local domain on the photosensitive materials 2 according to a reference beam optical system by making into a reference beam the laser beam which penetrated the half mirror 20. The photosensitive materials 2 are moved relatively to a direction parallel to the field of the photosensitive materials 2 to an object light optical system and a reference beam optical system so that object light and a reference beam may enter into the local domain which should create an element hologram next in the photosensitive materials 2 in the period when the laser beam is not outputted from the light source 10. And a hologram is created to the photosensitive materials 2 by recording an element hologram on each local domain.

[0028]Here, an example and a comparative example are explained. In a comparative example, the helium-Ne laser light source (output power of 10 mW) which carries out neither homiothermal control nor a stabilization measure under environment with a room temperature of 25 \*\*, ON period was 1 second, and when the OFF period used with the mechanical shutter which is 0.5 second and recorded about 10,000 element holograms for 4 hours, the defect occurred at a rate of about 1%. On the other hand, at the 1st example, it is a semiconductor laser light source (the output wavelength of 650 nm). Make ON period into 1 second, make an OFF period into 0.5 second, using the output power of 20 mW as the light source 10, carry out the pulse drive of the light source 10, and homiothermal control of the light source 10 is carried out at 20 \*\* \*\*0.1 \*\*, When about 10,000 element holograms were recorded for 4 hours, the number of the element hologram which has a defect was 0. The excitation YAG laser which makes excitation light the laser beam outputted from a semiconductor laser light source in the 2nd example (the output wavelength of 532 nm) Make ON period into 1 second similarly, make an OFF period into 0.5 second, using the output power of 3 mW as the light source 10, carry out the pulse drive of the light source 10, and homiothermal control of the light source

10 is carried out at 20 \*\* \*0.1 \*\*, When about 10,000 element holograms were recorded for 4 hours, the number of the element hologram which has a defect was 0.

[0029]As mentioned above, while using the light source 10 which repeats a pulse form laser beam by pulse current drive, and is outputted according to the hologram preparation device 1 or hologram preparation method concerning this embodiment, The photosensitive materials 2 are moved to the period when the laser beam is not outputted from the light source 10 so that object light and a reference beam may enter into the local domain which should create an element hologram next. By doing in this way, the mechanical shutter which generates vibration, and an expensive ultrasonic deflection element are unnecessary, thereby, an equipment configuration is a low price and the problem of vibration does not arise. Since a semiconductor laser light source and the source of solid laser light are used as the light source 10, an equipment configuration will become small.

[0030]Next, an order in the hologram preparation device 1 concerning this embodiment which creates an element hologram in the photosensitive materials 2 is explained. Drawing 5 - each drawing 7 are the figures explaining an order which creates an element hologram in the photosensitive materials 2. These figures explain on the photosensitive materials 2 as a thing with the local domain of 81 (= nine lines x nine rows). The shape of each local domain where an element hologram is recorded may be a square and a rectangle, and may be a circle and an ellipse. What was shown in drawing 5 - each drawing 7 always has [ being the shortest and ] the constant migration length to the local domain which should be exposed next from the local domain which ended exposure.

[0031]In drawing 5, each local domain is exposed in order ( $j= 1 \rightarrow 9$ ) to the right from the left of the 1st line ( $i= 1$ ) which is the top line, Next, each local domain is exposed in order ( $j= 9 \rightarrow 1$ ) to the left from the right of the 2nd line ( $i= 2$ ) which is a line [ directly under ] of it, each local domain is exposed in order ( $j= 1 \rightarrow 9$ ) to the right from the left of the 3rd line ( $i= 3$ ) which is a line [ directly under ] of it further, and the following exposes each local domain in order to zigzag shape similarly. In drawing 6, the 5th line local domain of the 5th row which exists in the center the 1st is exposed, Expose the 5th line local domain of the 6th row which is in the right the 2nd, and the 4th line local domain of the 6th row which is on it the 3rd is exposed, The 4th line local domain of the 5th row which is in the left the 4th is exposed, the 4th line local domain of the 4th row which is in the left the 5th is exposed, the 5th line local domain of the 4th row located in the bottom of it the 6th is exposed, and the following exposes each local domain in order spirally similarly. In drawing 7, the 1st line local domain of the 1st row which is in the upper left hand corner the 1st is exposed, Expose the 1st line local domain of the 2nd row which is in the right the 2nd, and the 2nd line local domain of the 2nd row located in the bottom of it the 3rd is exposed, The 2nd line local domain of the 1st row which is in the left the 4th is exposed, the 3rd line local domain of the 1st row located in the bottom of it the 5th is exposed,

the 3rd line local domain of the 2nd row which is in the right the 6th is exposed, and the following exposes each local domain in order to slanting zigzag shape similarly.

[0032]If the migration length to the next local domain which should be exposed next from these local domains that ended exposure like is [ being the shortest and ] always constant, time taken to expose the photosensitive-materials 2 whole and to create a hologram can be made into the shortest. The light source 10 outputs a laser beam with a constant period, it becomes easy to control the light source 10 by setting constant a duty ratio (ratio of an output period and a stop period) to constant temperature, the wavelength of the laser beam outputted from the light source 10 is stabilized, and creation of the stable hologram is attained.

[0033]It is a figure explaining an order that drawing 8 also creates an element hologram in the photosensitive materials 2. This figure also explains as what has a local domain of 81 (= nine lines x nine rows) on the photosensitive materials 2. What was shown in this figure does not always have [ being the shortest and ] the constant migration length to the local domain which should be exposed next from the local domain which ended exposure. In drawing 8, each local domain is exposed in order ( $j= 1 \rightarrow 9$ ) to the right from the left of the 1st line ( $i= 1$ ) which is the top line, Next, each local domain is exposed in order ( $j= 1 \rightarrow 9$ ) to the right from the left of the 2nd line ( $i= 2$ ) which is a line [ directly under ] of it, Each local domain is exposed in order ( $j= 1 \rightarrow 9$ ) to the right from the left of the 3rd line ( $i= 3$ ) which is a line [ directly under ] of it, and the following exposes each local domain from the left in order ( $j= 1 \rightarrow 9$ ) to the right about each line similarly.

[0034]The element hologram creation order shown in this drawing 8 becomes effective when the element hologram creation order shown in drawing 5 - each drawing 7 for a certain reason cannot be carried out. For example, the case where it receives in the form where the turn of the picture displayed on the spatial light modulation element 36 received restriction from the distant place as time series data, In order to move to an exact position from the back crash which cannot be disregarded when a stage drive is used as a cheap mechanism occurring, it is a case where the necessity of continuing movement is always in one way etc. In drawing 8, when moving to the local domain ( $j= 1$ ) where the element hologram of the 1st row of the next line is created from the local domain ( $j= 9$ ) where the element hologram of the 9th row of each line was created, a stage must be moved by one side ( $j= 9 \rightarrow 1$ ). Therefore, as a timing chart is shown in drawing 9, in order to avoid exposure of the diakinesis stage throughout to the 1st row from the 9th row, throughout [ this diakinesis stage ] needs to stop the driving current to the light source 10 temporarily. In order to secure the wavelength judging nature of the light source 10 immediately after this dormant period, the technique of aiming at stability of the temperature of the light source 10 can be considered by recording a straw man on the exposure area same many times. However, the recording point of the useless record time and an element hologram occurs. The technique of holding a homiothermal temperature of the

light source 10 as this evasion measure at the low temperature which is a grade which dew condensation does not generate is explained below.

[0035]In the measuring instrument which used the coherence of the semiconductor laser light source and generally used speckle interferometry, the holographic interferometer, the Michelson interferometer, or the Mach-Zehnder interferometer, A semiconductor laser light source is used by the constant current drive without a dormant period, and homioothermal temperature of the semiconductor laser light source is made into the thing near a room temperature. If the temperature of a semiconductor chip or an optical crystal changes, since it expands or a refractive index changes, the mode hop phenomenon which light path length changes, and internal resonance distance changes, and an oscillation wavelength is changed, or is jumped will occur, but. In order to avoid this effectively, wavelength stabilizing of a semiconductor laser light source or the source of semiconductor laser excitation solid laser light is attained by carrying out homioothermal control of the semiconductor laser light source.

[0036]About oscillation wavelength change based on change of this internal resonance distance, the oscillation wavelength change to the unit temperature change at the time of low temperature is smaller as compared with the oscillation wavelength change to the unit temperature change at the time of an elevated temperature. Therefore, even if low temperature, if possible, has a dormant period of the driving current of a certain grade by carrying out homioothermal control, the light source 10 can be used, without causing a wavelength variation comparatively.

[0037]Although there is temperature dependence of the incidence angle of the excitation light to an optical crystal in the case of semiconductor laser excitation solid state laser and it is necessary to pay attention to one and the homioothermal control according to an OFF ratio with a specific temperature which keeps coherence high if possible, Since the optical crystal with big calorific capacity is used as compared with the semiconductor laser chip unlike the semiconductor laser independent oscillation, it is hard to receive one of the driving current of an excitation semiconductor laser, and the influence of the heat by OFF. Therefore, even if there is a short-time driving current dormant period, the light source 10 can be used, without causing a wavelength variation.

[0038]Although the dormant period which does not need to cause oscillation wavelength change changes with homioothermal controllabilities, A semiconductor laser light source (the output wavelength of 650 nm, the output power of 20 mW) is used as the light source 10, In the example which made ON period 1 second, made the OFF period 0.5 second, carried out the pulse drive of the light source 10, and gave the quiescent period for 20 seconds. To the time of recovery which secures wavelength stability when homioothermal control is carried out in the room temperature of 25 \*\* having been necessity about 30 seconds, when homioothermal control was carried out at 10 \*\* \*\*0.1 \*\*, oscillation wavelength change was

hardly generated. It was also the same as when the excitation YAG laser (the output wavelength of 532 nm, the output power of 3 mW) which makes excitation light the laser beam outputted from a semiconductor laser light source is used as the light source 10. It was also the same as when the still more nearly same excitation YAG laser (the output wavelength of 473 nm, the output power of 3 mW) is used as the light source 10. Thus, it is possible to start exposure promptly after the dormant period in the case of movement to the 1st row from the 9th row by controlling the temperature of the light source 10 to become the low temperature which can maintain stably the wavelength of the laser beam outputted from the light source 10.

[0039]Although explanation to the above has described the wavelength stability of the laser beam outputted from the light source 10 by end from the start of exposure of many element holograms, Below, after supplying a power supply to the drive circuit which supplies driving current to the light source 10, the technique for obtaining positive exposure start timing is explained. It is required to check that the interference fringe is standing it still as a preparatory step for photoing a hologram for wavelength stability reservation. The light source 10 is neglected for about 1 hour from 30 minutes considered that wavelength is specifically stabilized from the luminescence start of the light source 10 before photoing acting before the audience, A laser beam is led to an interferometer different from hologram photography, and checking picturizing the interference fringe by the one-dimensional sensor or a two-dimensional sensor, and standing it still or checking that photoed, developed and reproduced the hologram in a tentative way, and the laser beam is stable are performed. However, operational stability, autonomous working, and warm-up time shortening of a hologram preparation device must have been attained by neither the aforementioned neglect nor the technique of test photography. Since the loss of a laser beam arises and the additional equipment serves as a heavy price, it is not preferred to incorporate an interferometer. Then, by monitoring the action of homiothermal control of a semiconductor laser light source, it becomes possible to attain cheap, stability, autonomous working, and warm-up time shortening.

[0040]Drawing 10 is a circuit diagram of the thermal control circuit which controls the temperature of the light source 10 of the hologram preparation device 1 concerning this embodiment. This thermal control circuit is a circuit with a monitor output which shows that the temperature of the light source 10 is within the limits of preset temperature. The reference voltage generator 81 generates voltage  $V_1$  corresponding to the upper limit temperature of the preset temperature range. The reference voltage generator 82 generates voltage  $V_2$  corresponding to the lower limit temperature of the preset temperature range. The series connection of the resistors R4 and R5 of each other is carried out, they are formed between the outgoing end of the reference voltage generator 81, and the outgoing end of the reference

voltage generator 82, and output voltage  $V_3$  of the value between voltage  $V_1$  and voltage  $V_2$  to the node between both according to the ratio of each resistance. As for the differential amplifier 83, the non-inversed input terminal is connected at the node of the resistor R4 and the resistor R5, and the inverted output terminal is connected to the outgoing end of the linear rise circuit 84. The linear rise circuit 84 inputs the current of the thermo sensitive register (temperature sensor) 18 which detects the temperature of the light source 10 based on resistance, shapes in waveform and amplifies this current linearly, transforms it into a pressure value, and outputs this voltage  $V_4$  to the inversed input terminal of the differential amplifier 83.

[0041]The differential amplifier 83 outputs difference voltage  $V_5$  in quest of the difference of voltage  $V_3$  (pressure value inputted into a non-inversed input terminal) corresponding to the preset temperature of the light source 10, and voltage  $V_4$  (pressure value inputted into an inversed input terminal) corresponding to the degree of real temperature measurement of the light source 10. The proportion circuit 85 inputs voltage  $V_5$  outputted from the differential amplifier 83, and outputs the voltage proportional to the value of this voltage  $V_5$ . The integration circuit 86 inputs voltage  $V_5$  outputted from the differential amplifier 83, integrates with the value of this voltage  $V_5$ , and outputs the voltage according to that integral value. the current booster circuit 87 -- the proportion circuit 85 and the integration circuit 86 -- the voltage outputted from each is inputted and the current of the value according to this voltage is outputted to Peltier device (thermoelectric-cooling machine) 13. That is, the temperature of the light source 10 is maintained by constant temperature by PI control.

[0042]The voltage comparator 88 inputs into a non-inversed input terminal voltage  $V_1$  corresponding to the upper limit temperature of the preset temperature range outputted from the reference voltage generator 81, Voltage  $V_5$  outputted from the differential amplifier 83 is inputted into an inversed input terminal, the value of these two voltage is compared, when the degree of real temperature measurement of the light source 10 is lower than the upper limit of the preset temperature range, the logical value H is outputted, and when that is not right, the logical value L is outputted. The voltage comparator 89 inputs into an inversed input terminal voltage  $V_2$  corresponding to the lower limit temperature of the preset temperature range outputted from the reference voltage generator 82, Voltage  $V_5$  outputted from the differential amplifier 83 is inputted into a non-inversed input terminal, the value of these two voltage is compared, when the degree of real temperature measurement of the light source 10 is higher than the lower limit of the preset temperature range, the logical value H is outputted, and when that is not right, the logical value L is outputted. AND gate 90 -- the voltage comparators 88

and 89 -- the logical value outputted from each is inputted, the logical product of these two logical values is searched for, and the logical value which shows the result of this logical product is outputted. The computer 71 is monitoring the logical value outputted from AND gate 90, It can be judged whether the degree of real temperature measurement of the light source 10 is in preset temperature within the limits, and wavelength stable attainment of the light source 10 can be detected, and actual hologram exposure can be started in a short time from powering on to the drive circuit which drives the light source 10.

[0043]

[Effect of the Invention]As mentioned above, while using the light source which repeats the pulse form coherent light by pulse current drive, and is outputted according to this invention as explained in detail, Photosensitive materials are moved to the period when the coherent light is not outputted from a light source so that object light and a reference beam may enter into the local domain which should create an element hologram next. By doing in this way, the mechanical shutter which generates vibration, and an expensive ultrasonic deflection element are unnecessary, thereby, an equipment configuration is a low price and the problem of vibration does not arise. Since a semiconductor laser light source and the source of solid laser light are used as a light source, an equipment configuration will become small.

[0044]So that object light and a reference beam may enter into the next local domain which should create an element hologram next in photosensitive materials in the period which outputs the coherent light with a constant period and a fixed duty ratio from a light source, and when the coherent light is not outputted from a light source, It is preferred to move relatively to a direction parallel to the field of photosensitive materials an object light optical system and a reference beam optical system, and photosensitive materials. In this case, migration length to the next local domain which should be exposed next from the local domain which ended exposure can be set the shortest and always constant, and time taken to expose the whole photosensitive materials and to create a hologram can be made into the shortest. Since a light source outputs the coherent light with a constant period and a fixed duty ratio, it becomes easy to control a light source to constant temperature, the wavelength of the coherent light outputted from a light source is stabilized, and the creation of the stable hologram of it is attained.

[0045]In the case of hologram creation, it is preferred to control the temperature of a light source. In this case, it is suitable, when securing the wavelength stability of the coherent light outputted from a light source by controlling the temperature of a light source and creating the stable hologram so that it may become preset temperature within the limits.

[0046]It is preferred to control the temperature of a light source to become the low temperature which can maintain stably the wavelength of the coherent light outputted from a light source. In this case, when the direction of the oscillation wavelength change to a unit temperature change controls the temperature of a light source at small low temperature, even if there is a

dormant period of the driving current of a certain grade, a light source can be used, without causing a wavelength variation comparatively.

[0047]After securing the stability of the wavelength of the coherent light outputted from a light source by temperature control, it is preferred to start hologram creation. In this case, since creation of an element hologram is started after supplying a power supply to the drive circuit which supplies driving current to a light source, and the stability of the wavelength of the coherent light outputted from a light source is secured, positive exposure start timing can be obtained.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

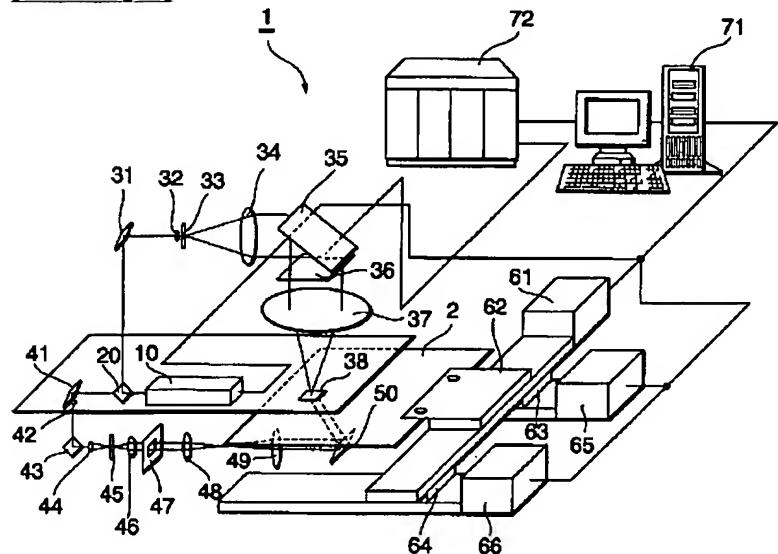
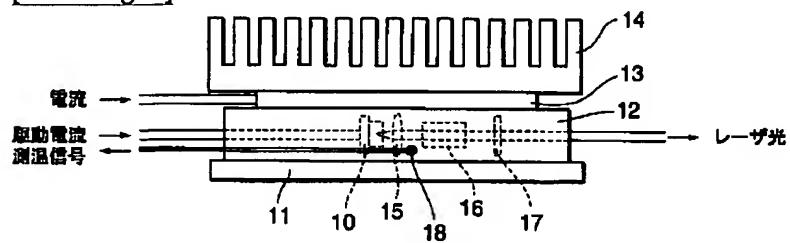
JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

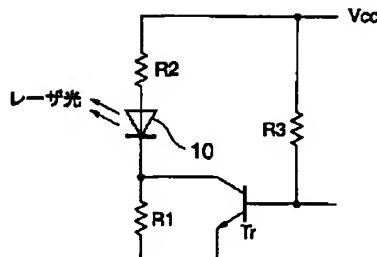
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

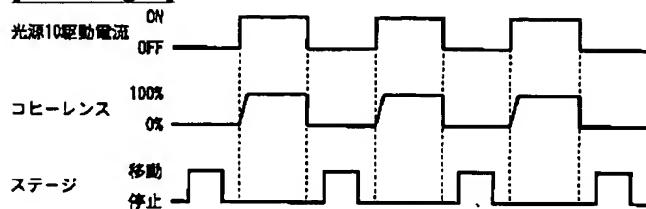
**DRAWINGS**

---

**[Drawing 1]****[Drawing 2]****[Drawing 3]**



[Drawing 4]



[Drawing 5]

	j=1	2	3	4	5	6	7	8	9
i=1	1	2	3	4	5	6	7	8	>9
2	18	17	16	15	14	13	12	11	10
3	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4	38	35	34	33	32	31	30	29	28
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45
6	54	53	52	51	50	49	48	47	46
7	55	56	57	58	59	60	61	62	63
8	78	71	78	69	68	67	66	65	66
9	79	74	75	76	77	78	79	80	81

[Drawing 6]

	j=1	2	3	4	5	6	7	8	9
i=1	68	64	63	62	61	60	59	58	57
2	66	32	36	35	34	33	32	31	55
3	67	38	12	16	15	14	13	30	55
4	68	39	13	5	4	3	12	29	54
5	69	40	19	5	1	2	11	28	53
6	70	41	20	7	8	9	10	27	52
7	71	42	21	22	23	24	25	26	51
8	72	43	44	45	46	47	48	49	50
9	73	74	75	76	77	78	79	80	81

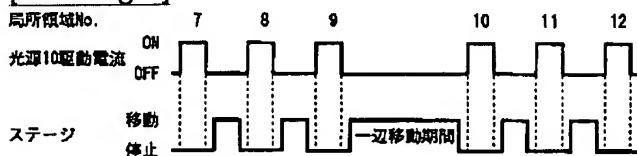
[Drawing 7]

j=1	2	3	4	5	6	7	8	9	
i=1	1	-32	4	-10	25	-26	40	-50	61
2	4	-38	3	11	24	27	-48	51	-80
3	5	-6	-7	12	23	28	47	52	79
4	18	-15	-14	-13	22	29	46	53	78
5	17	-18	-19	-20	21	30	45	54	77
6	38	-35	-34	-33	-32	-31	44	55	78
7	37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	58	75
8	64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57	74
9	65	-66	-67	-68	-69	-70	-71	-72	-73

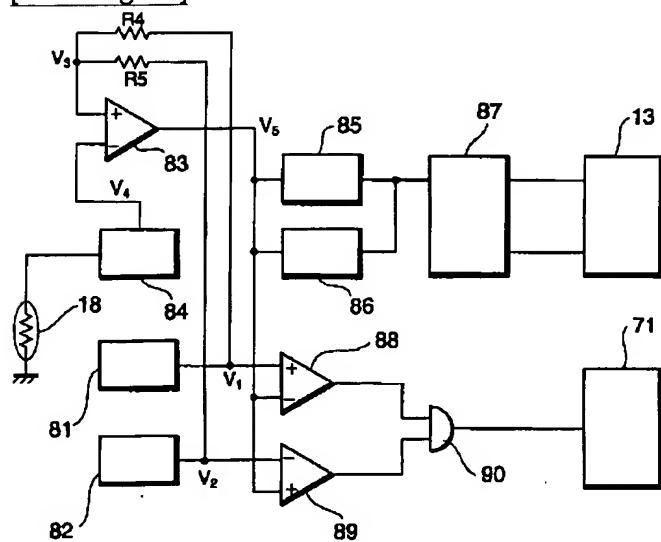
### [Drawing 8]

	j=1	2	3	4	5	6	7	8	9
i=1	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	>0
2	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18
3	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26	-27
4	-28	-29	-30	-31	-32	-33	-34	-35	-36
5	-37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	-44	-45
6	-46	-47	-48	-49	-50	-51	-52	-53	-54
7	-55	-56	-57	-58	-59	-60	-61	-62	-63
8	-64	-65	-66	-67	-68	-69	-70	-71	-72
9	-73	-74	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81

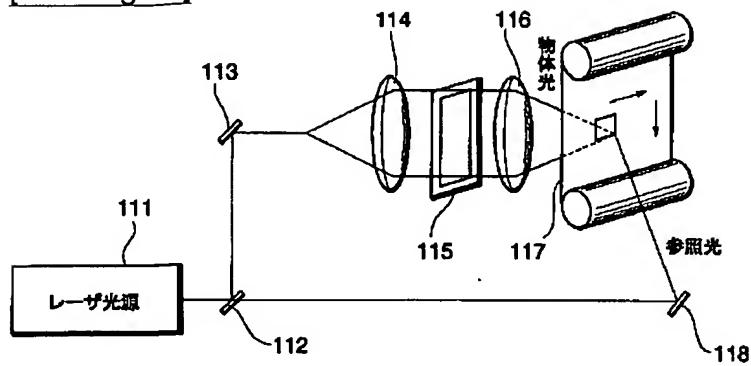
[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Drawing 11]



---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-236441

(P2002-236441A)

(43)公開日 平成14年8月23日(2002.8.23)

(51)Int.Cl.

G 0 3 H 1/04  
1/08  
1/12  
1/14

識別記号

F I

G 0 3 H 1/04  
1/08  
1/12  
1/14

テ-マコ-ト(参考)

2 K 0 0 8

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21)出願番号

特願2001-32752(P2001-32752)

(22)出願日

平成13年2月8日(2001.2.8)

(71)出願人 598096337

有限会社アートナウ

青森県むつ市中央2丁目24-2

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 竹森 民樹

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

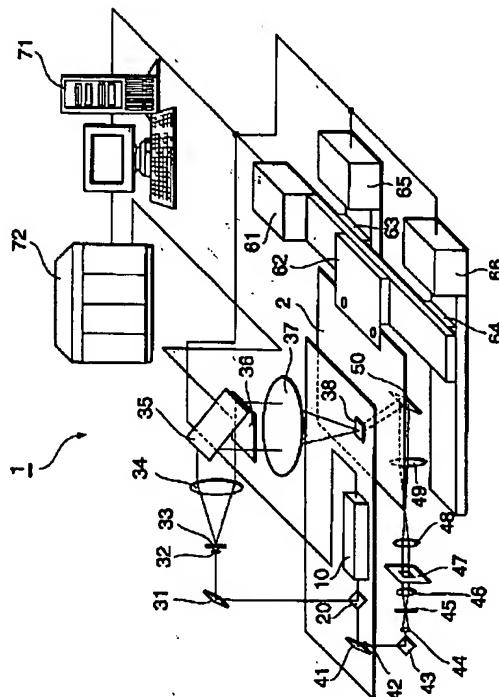
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ホログラム作成装置および方法

(57)【要約】

【課題】 装置構成が小型であって低価格であり振動の問題が生じないホログラム作成装置および方法を提供する。

【解決手段】 パルス電流駆動された光源10からパルス状のレーザ光を繰り返し出力させ、この光源10から出力されたレーザ光をハーフミラー20により2分岐する。そして、ハーフミラー20で反射したレーザ光を空間光変調素子36により空間的に変調して、この変調したレーザ光を物体光として感光材料2上の局所領域に入射させる。また、ハーフミラー20を透過したレーザ光を参照光として感光材料2上の局所領域に入射させる。光源10からレーザ光が出力されていない期間に、感光材料2において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように、物体光光学系および参照光光学系に対して感光材料2を感光材料2の面に平行な方向に相対的に移動させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 感光材料上の複数の局所領域それぞれにおいて物体光と参照光とを干渉させて要素ホログラムを記録して前記感光材料にホログラムを作成する装置であって、パルス電流駆動によりパルス状の可干渉光を繰り返し出力する光源と、前記光源から出力された可干渉光を2分岐する光分岐手段と、

前記光分岐手段により2分岐された一方の可干渉光を空間的に変調して、この変調した可干渉光を物体光として前記感光材料上の局所領域に入射させる物体光光学系と、

前記光分岐手段により2分岐された他方の可干渉光を参照光として前記局所領域に入射させる参照光光学系と、前記物体光光学系および前記参照光光学系と前記感光材料とを前記感光材料の面に平行な方向に相対的に移動させる移動手段と、

前記光源から可干渉光が出力されていない間に、前記感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に前記物体光および前記参照光が入射するように、前記移動手段による移動を制御する移動制御手段と、を備えることを特徴とするホログラム作成装置。

【請求項2】 前記光源は、可干渉光を一定周期かつ一定デューティ比で出力し、

前記移動制御手段は、前記光源から可干渉光が出力されていない間に、前記感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき隣りの局所領域に前記物体光および前記参照光が入射するように、前記移動手段による移動を制御する、

ことを特徴とする請求項1記載のホログラム作成装置。

【請求項3】 前記光源の温度を制御する温度制御手段を更に備えることを特徴とする請求項1記載のホログラム作成装置。

【請求項4】 前記温度制御手段は、前記光源から出力される可干渉光の波長を安定に維持し得る低温になるよう前記光源の温度を制御することを特徴とする請求項3記載のホログラム作成装置。

【請求項5】 前記光源から出力される可干渉光の波長の安定性を前記温度制御装置により確保した後にホログラム作成を開始することを特徴とする請求項3記載のホログラム作成装置。

【請求項6】 感光材料上の複数の局所領域それぞれにおいて物体光と参照光とを干渉させて要素ホログラムを記録して前記感光材料にホログラムを作成する方法であって、

パルス電流駆動された光源からパルス状の可干渉光を繰り返し出力させ、

前記光源から出力された可干渉光を2分岐し、2分岐された一方の可干渉光を空間的に変調して、この

10

変調した可干渉光を物体光として前記感光材料上の局所領域に入射させ、

2分岐された他方の可干渉光を参照光として前記局所領域に入射させ、

前記光源から可干渉光が出力されていない間に、前記感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に前記物体光および前記参照光が入射するよう、前記物体光光学系および前記参照光光学系と前記感光材料とを前記感光材料の面に平行な方向に相対的に移動させる、

ことを特徴とするホログラム作成方法。

【請求項7】 前記光源から可干渉光を一定周期かつ一定デューティ比で出力し、

前記光源から可干渉光が出力されていない間に、前記感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき隣りの局所領域に前記物体光および前記参照光が入射するよう、前記物体光光学系および前記参照光光学系と前記感光材料とを前記感光材料の面に平行な方向に相対的に移動させる、

20

ことを特徴とする請求項6記載のホログラム作成方法。

【請求項8】 ホログラム作成の際に前記光源の温度を制御することを特徴とする請求項6記載のホログラム作成方法。

【請求項9】 前記光源から出力される可干渉光の波長を安定に維持し得る低温になるよう前記光源の温度を制御することを特徴とする請求項8記載のホログラム作成方法。

【請求項10】 前記光源から出力される可干渉光の波長の安定性を温度制御により確保した後にホログラム作成を開始することを特徴とする請求項8記載のホログラム作成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、感光材料上の複数の局所領域それぞれにおいて物体光と参照光とを干渉させて要素ホログラムを記録して感光材料にホログラムを作成する装置および方法に関するものである。

## 【0002】

30

【従来の技術】 ホログラムの1種であるホログラフィックステレオグラムは、様々な方向から被写体を普通写真として撮像し、これら普通写真によりレーザ光を空間的に変調し、この変調されたレーザ光を物体光として1枚のホログラム用の感光材料の局所領域に要素ホログラムを記録し、このような要素ホログラムを局所領域毎に記録して作成される。このようなホログラフィックステレオグラムには、1次元のものと2次元のものがある。

また、物体光と参照光とが互いに異なる側から感光材料に入射して要素ホログラムが記録されて作成されるリップマン型のホログラフィックステレオグラムは、再生時には、照明光が感光材料に入射する側と同一の側で再生

50

像を観察することができるので、例えば壁掛け用として用いられる。このようなホログラムを作成する技術は、例えば、文献1「特開平3-249686号公報」や文献2「M. Yamaguchi, et al., "Development of a prototype full-parallax holoprinter", Proc. SPIE, Vol. 2406, pp.50-56 (1995)」に開示されている。

【0003】図11は、これらの文献に記載された従来のホログラム作成技術の説明図である。この図に示す装置では、レーザ光源111から出力されたレーザ光をハーフミラー112により2分岐し、2分岐されたレーザ光の一方をミラー113およびレンズ系114を順次に経て空間光変調素子115に入射させ、空間光変調素子115により変調を受けたレーザ光を物体光としてレンズ116を経て感光材料117に入射させる。また、ハーフミラー112により2分岐されたレーザ光の他方を参照光としてミラー118を経て感光材料117に背後から入射させる。感光材料117に入射した物体光および参照光を互いに干渉させて要素ホログラムを記録する。そして、空間光変調素子115に提示する画像を変更するとともに感光材料117を移動させて、感光材料117上の複数の局所領域それぞれに要素ホログラムを順次記録し、感光材料117上にリップマン型ホログラフィックステレオグラムを作成する。このようにして、0.3mm~0.5mmの間隔で多数の要素ホログラムが感光材料117上にアレイ状に記録され、リップマン型ホログラフィックステレオグラムが作成される。また、再生時には、上記参照光の入射方向と同じ方向に照明光を入射することにより、感光材料117上の各要素ホログラムから物体再生光が発生し、照明光入射側で再生像を観察することができる。

【0004】上記のホログラム作成技術では、空間光変調素子115に提示する画像を変更するとともに感光材料117を移動させている期間には物体光および参照光が感光材料117に入射しないようにする必要がある。そこで、文献2に記載されたホログラム作成技術では、レーザ光源111としてHe-Neレーザ光源が用いられ、このレーザ光源111から出力されるレーザ光（物体光、参照光）の透過／遮断を制御するシャッタ機構として超音波偏向素子が用いられている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】He-Neレーザ光源やArレーザ光源などの気体レーザ光源は、出力されるレーザ光の波長や可干渉性の安定性については優れています。しかし、気体レーザ光源は、大型であるという問題点を有しており、また、駆動回路によりレーザ光の出力のオン／オフを制御することができないことから、この制御の為にシャッタ機構が必要となる。

【0006】このシャッタ機構としてメカニカルシャッタや超音波偏向素子が用いられる。メカニカルシャッタは振動を発生させることから、ホログラム作成に際し

ては、この振動に対する対策が必要となる。例えば、感光材料を保持する保持機構に振動が伝わらないように、感光材料を保持する保持機構またはメカニカルシャッタを空中に配置したり、クッション材料を用いて配置したりすることが一般に行われる。一方、超音波偏向素子は、光学結晶に超音波を伝搬させることで該光学結晶に周期的屈折率分布を発生させると、この周期的屈折率分布によりレーザ光をプラグ回折させることができるものであって、極めて高速にレーザ光の透過／遮断を制御することができる。また、超音波偏向素子は振動を発生させることがない点でも好適である。しかし、超音波偏向素子は高価である。

【0007】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、装置構成が小型であって低価格であり振動の問題が生じないホログラム作成装置および方法を提供することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係るホログラム作成装置は、感光材料上の複数の局所領域それぞれにおいて物体光と参照光とを干渉させて要素ホログラムを記録して感光材料にホログラムを作成する装置であって、(1) パルス電流駆動によりパルス状の可干渉光を繰り返し出しする光源と、(2) 光源から出力された可干渉光を2分岐する光分岐手段と、(3) 光分岐手段により2分岐された一方の可干渉光を空間的に変調して、この変調した可干渉光を物体光として感光材料上の局所領域に入射させる物体光光学系と、(4) 光分岐手段により2分岐された他方の可干渉光を参照光として局所領域に入射させる参照光光学系と、(5) 物体光光学系および参照光光学系と感光材料とを感光材料の面に平行な方向に相対的に移動させる移動手段と、(6) 光源から可干渉光が出力されていない期間に、感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように、移動手段による移動を制御する移動制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0009】本発明に係るホログラム作成方法は、感光材料上の複数の局所領域それぞれにおいて物体光と参照光とを干渉させて要素ホログラムを記録して感光材料にホログラムを作成する方法であって、(1) パルス電流駆動された光源からパルス状の可干渉光を繰り返し出力させ、(2) 光源から出力された可干渉光を2分岐し、(3) 2分岐された一方の可干渉光を空間的に変調して、この変調した可干渉光を物体光として感光材料上の局所領域に入射させ、(4) 2分岐された他方の可干渉光を参照光として局所領域に入射させ、(5) 光源から可干渉光が出力されていない期間に、感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように、物体光光学系および参照光光学系と感光材料とを感光材料の面に平行な方向に相対的に移動させることを特徴とする。

【0010】このホログラム作成装置またはホログラム作成方法によれば、パルス電流駆動された光源から出力された可干渉光は、光分岐手段により2分岐される。2分岐された一方の可干渉光は、物体光光学系により、空間的に変調されて物体光として感光材料上の局所領域に入射する。2分岐された他方の可干渉光は、参照光光学系により、参照光として感光材料上の局所領域に入射する。このようにして物体光と参照光とが入射した局所領域には要素ホログラムが記録される。1つの局所領域において要素ホログラムの記録が終了すると、光源からの可干渉光の出力がOFFとなって、光源から可干渉光が出力されていない間に、移動制御手段により制御された移動手段により、感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように、物体光光学系および参照光光学系と感光材料とは相対的に移動する。そして、この移動が終了すると、光源から可干渉光が出力されて、新たな局所領域に要素ホログラムが記録される。これを繰り返すことで、感光材料上の複数の局所領域それぞれに要素ホログラムが記録されて、感光材料にホログラムが作成される。このように、本発明によれば、パルス電流駆動によりパルス状の可干渉光を繰り返し出力する光源を用いるとともに、光源から可干渉光が出力されていない間に、次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように感光材料を移動させる。このようにすることにより、振動を発生させるメカニカルシャッタや高価な超音波偏向素子が不要であり、これにより、装置構成が低価格であり、振動の問題が生じない。また、光源として半導体レーザ光源や固体レーザ光源が用いられるので、装置構成が小型のものとなる。

【0011】本発明に係るホログラム作成装置では、光源は、可干渉光を一定周期かつ一定デューティ比で出力し、移動制御手段は、光源から可干渉光が出力されていない間に、感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき隣りの局所領域に物体光および参照光が入射するように、移動手段による移動を制御することを特徴とする。また、本発明に係るホログラム作成方法では、光源から可干渉光を一定周期かつ一定デューティ比で出力し、光源から可干渉光が出力されていない間に、感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき隣りの局所領域に物体光および参照光が入射するように、物体光光学系および参照光光学系と感光材料とを感光材料の面に平行な方向に相対的に移動させる、ことを特徴とする。この場合には、光源から可干渉光が出力されている期間が一定時間であって、光源から可干渉光が出力されていない期間も一定時間である。そして、光源から可干渉光が出力されていない間に、物体光光学系および参照光光学系と感光材料とは相対的に移動する。したがって、露光を終了した局所領域から次に露光すべき隣りの局所領域への移動距離を常に最短かつ一定とすることが

でき、感光材料全体を露光してホログラムを作成するのに要する時間を最短とすることができます。また、光源が可干渉光を一定周期かつ一定デューティ比で出力するので、光源を恒温に制御することが容易となり、光源から出力される可干渉光の波長が安定し、安定したホログラムの作成が可能となる。

【0012】本発明に係るホログラム作成装置は、光源の温度を制御する温度制御手段を更に備えることを特徴とする。また、本発明に係るホログラム作成方法は、ホログラム作成の際に光源の温度を制御することを特徴とする。この場合には、設定温度範囲内になるように光源の温度を制御することにより、光源から出力される可干渉光の波長安定性を確保して、安定したホログラムを作成する上で好適である。

【0013】本発明に係るホログラム作成装置では、温度制御手段は、光源から出力される可干渉光の波長を安定に維持し得る低温になるよう光源の温度を制御することを特徴とする。また、本発明に係るホログラム作成方法は、光源から出力される可干渉光の波長を安定に維持し得る低温になるよう光源の温度を制御することを特徴とする。高温時の単位温度変化に対する発振波長変化と比較すると、低温時の単位温度変化に対する発振波長変化の方が小さいことから、低温に光源の温度を制御することにより、或る程度の駆動電流の休止期間（例えば、次に記録すべき局所領域への移動の距離が感光材料の略一辺分に相当する場合）があっても、比較的波長変化を起こさずに光源を使用することができる。

【0014】本発明に係るホログラム作成装置では、光源から出力される可干渉光の波長の安定性を温度制御装置により確保した後にホログラム作成を開始することを特徴とする。また、本発明に係るホログラム作成方法は、光源から出力される可干渉光の波長の安定性を温度制御により確保した後にホログラム作成を開始することを特徴とする。この場合には、光源に駆動電流を供給する駆動回路に電源を投入してから、光源から出力される可干渉光の波長の安定性が確保された後に要素ホログラムの作成を開始するので、確実な露光開始タイミングを得ることができる。なお、温度制御手段は、一般に光源の実測温度と設定温度との差に基づいて光源の温度を制御することから、光源の実測温度と設定温度との差をモニタすることで、光源から出力される可干渉光の波長の安定到達を検知することができる。

【0015】【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0016】図1は、本実施形態に係るホログラム作成装置1の構成図である。光源10は、計算機71により制御され、パルス電流駆動によりパルス状のレーザ光

(可干渉光)を繰り返し出力するものであり、例えば、半導体レーザ光源が好適に用いられ、或いは、固体レーザ光源(半導体レーザ光源から出力されたレーザ光を励起光とするもの)も好適に用いられる。ハーフミラー20(光分岐手段)は、光源10から出力されたレーザ光を入力し、一部を反射させ残部を透過させて、レーザ光を2分岐する。

【0017】ハーフミラー20で反射したレーザ光は、ミラー31により反射され、レンズ32により集光され、ピンホール33を通過し、レンズ34により平行光とされ、ミラー35により反射されて、空間光変調素子36へ入射する。空間光変調素子36は、高速専用計算機72により制御され、入力したレーザ光を空間的に変調して、この変調したレーザ光を物体光とするものである。空間光変調素子36から出力された物体光は、レンズ37により収斂され、マスク38を通過して、感光材料2のうちマスク38により規定された局所領域に入射する。すなわち、ミラー31からマスク38に到るまでの光学系は、ハーフミラー20で反射したレーザ光を空間的に変調して物体光として、この物体光を感光材料2上の局所領域に入射させる物体光光学系として作用する。

【0018】なお、空間光変調素子36とレンズ37との相対的位置関係は種々の態様があり得る。計算機ホログラムを空間光変調素子36に書き込む場合には、空間光変調素子36とレンズ37とは密着配置される。通常のステレオグラムを作成する場合の透視変換画像を空間光変調素子36に書き込む場合には、空間光変調素子36はレンズ37の前焦点の位置に配置される。また、レンズ37による空間光変調素子36の実像ないし虚像が観察点に一致するように適宜距離を選択して配置される。また、空間光変調素子36に与える計算機ホログラムは、高速専用計算機72により逐次計算されて与えられてもよいし、或いは、予め計算された画像を順次読み出して与えられてもよい。

【0019】ハーフミラー20を透過したレーザ光は、ミラー41により反射され、貫通孔42を通過し、ミラー43により反射され、レンズ44により集光され、ピンホール45を通過し、レンズ46により平行光とされる。レンズ46により平行光とされて出力されたレーザ光は、マスク47を通過し、レンズ48およびレンズ49を経て、ミラー50により反射されて、感光材料2の裏面より参照光として入射する。マスク47からレンズ48およびレンズ49を経て感光材料2に到るまでの光学系は、物体光光学系におけるマスク38により規定された感光材料2の局所領域に参照光が入射するように、アフォーカル光学系を構成している。すなわち、ミラー41からミラー50に到る光学系は、ハーフミラー20を透過したレーザ光を参照光として感光材料2上の局所領域に入射させる参照光光学系として作用する。

【0020】Xステージ61は、感光材料2を保持するものであって、パルスモータ62によりX方向に感光材料2を移動させる。Yステージ63、64は、パルスモータ65、66によりY方向にXステージ61を移動させる。パルスモータ62、65、66それぞれは計算機71により制御される。なお、X方向およびY方向は、感光材料2の面に平行な方向であって、互いに直交している。すなわち、Xステージ61、パルスモータ62、Yステージ63、64およびパルスモータ65、66は、物体光光学系および参照光光学系に対して感光材料2を感光材料2の面に平行な方向に相対的に移動させる移動手段として作用する。

【0021】計算機71は、光源10からレーザ光が出力されていない期間に、パルスモータ62、65、66それぞれを制御することで、Xステージ61およびYステージ63、64を移動させ、要素ホログラムを記録すべき感光材料2上の局所領域を指定する。すなわち、計算機71は、光源10からレーザ光が出力されていない期間に、感光材料2において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するよう、感光材料2の移動を制御する移動制御手段として作用する。また、計算機71は、要素ホログラムを記録すべき感光材料2上の局所領域の位置に基づいて、ホログラム表示すべき仮想物体の座標から局所ホログラム座標に変換し、この局所ホログラム座標の位置データを高速専用計算機72に与える。そして、高速専用計算機72は、計算機ホログラムを計算して空間光変調素子36に表示させたり、或いは、ステレオグラム記録の場合には透視変換画像を作成して空間光変調素子36に表示させる。また、計算機71は、光源10を駆動してレーザ光を発生させ、マスク38の開口面積分だけ感光材料2を露光して、要素ホログラムを作成する。次に、計算機71は、光源10の駆動を停止し、感光材料2を移動させ、前述の動作を繰り返す。このようにして、感光材料2上の複数の局所領域それぞれに要素ホログラムを記録して、感光材料2上に仮想物体の波面からのホログラムやステレオグラムを作成する。

【0022】図2は、本実施形態に係るホログラム作成装置1の光源10周辺の断面図である。この図には、光源10の温度を制御する温度制御手段が示されている。アクリル等の断熱性が高い材料からなる断熱支持体11上に、熱伝導率が高い銅等で作られたケース12が配置されており、このケース12上にペルチェ素子等の電子冷却機13が配置され、更に、この電子冷却機13上に放熱板14が配置されている。ケース12の中には、電流によって駆動される光源10、および、レンズ等の光学部品15が封入されている。また、ケース12の中には、光源10から出力されるレーザ光の高調波を発生させるYAGなどの光学結晶16や、高調波以外を遮断するフィルタ17が付加されている。更に、ケース12の

中には、サーミスタ等の温度センサ1.8も埋め込まれている。そして、温度センサ1.8から出力される測温信号に基づいて、電子冷却機1.3に電流が加えられて、光源1.0は温度制御されて恒温に保たれる。

【0023】図3は、本実施形態に係るホログラム作成装置1の光源1.0を駆動する駆動回路の回路図である。この駆動回路は、抵抗器R1, R2, R3およびトランジスタTrを備えて構成されている。光源1.0である半導体レーザ光源のカソード端子は、抵抗器R1を介してトランジスタTrのエミッタ端子と接続されており、また、直接にトランジスタTrのコレクタ端子と接続されている。光源1.0のアノード端子は、抵抗器R2および抵抗器R3を介してトランジスタTrのベース端子と接続されている。抵抗器R2と抵抗器R3との間の位置には電源電圧Vccが供給されている。また、トランジスタTrのベース端子には、光源1.0からのレーザ光の出力を制御するための制御信号が供給される。

【0024】トランジスタTrのベース端子をエミッタ端子と同電位とするようにオーブンコレクタ等で接地させると、トランジスタTrはOFF状態となり、光源1.0は電源電圧Vccおよび抵抗器R1, R2の抵抗値で決定される発光直前のバイアス電流状態となる。光源1.0を発光させるためには、トランジスタTrのベース端子とエミッタ端子とを電気的に切り離すことでベース電流が抵抗器R3から流れ、トランジスタTrがONとなる。したがって、光源1.0は、電源電圧Vccおよび抵抗器R2の抵抗値で決定される駆動電流により発光することになる。なお、図3に示した回路は基本的な回路であり、実際には、光源1.0を保護するための保護ダイオードやコンデンサ、また駆動電流のオーバーシュートやアンダーシュートを抑制するためのコイル等の部品が使われる。また、発光期間中の駆動電流を一定とする形態に限定されることではなく、高周波電流による駆動でもよい。

【0025】光源1.0である半導体レーザ光源を駆動する方法としては、図3に示したような駆動回路により一定の駆動電流を保持するACC駆動方法が知られている他、半導体レーザ光源とともにパッケージ内部に封入されているフォトダイオードの出力をモニタして一定の光出力となるように半導体レーザ光源を制御するAPC駆動方法が知られている。APC駆動方法をホログラム作成装置1に適用するには、OFF期間はAPC駆動の制御を外す必要があり、多少複雑な回路構成となる。しかし、ACC駆動方法は、ON期間中のみ一定電流を流すことを考慮するだけであるため、ホログラム作成装置1においてパルス状のレーザ光を繰り返し出力する光源1.0を駆動するに適している。

【0026】図4は、本実施形態に係るホログラム作成装置1における、光源1.0に供給される駆動電流のON/OFF、光源1.0から出力されるレーザ光のコヒーレ

ンス状態の変化、および、ステージ61, 63, 64の移動/停止、それぞれのタイミングを説明する図である。光源1.0は、パルス電流駆動によりパルス状のレーザ光を繰り返し出力する。光源1.0からレーザ光が出力開始された直後は、そのレーザ光は、コヒーレンスが低く、要素ホログラムを記録するには不適切である。しかし、光源1.0からレーザ光が出力されている期間と比べて、コヒーレンスが低い状態は短時間に終了する。したがって、コヒーレンスが高い状態の期間が、実質的に要素ホログラムを記録する期間となる。ステージ61, 63, 64は、光源1.0からレーザ光が出力されている期間は停止しており、光源1.0からレーザ光が出力されていない期間のうちに、感光材料2において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように感光材料2を移動させる。このように一定周期で光源1.0がON/OFFを繰り返すことにより、光源1.0の駆動電流による発熱と温度制御機構とが長時間に渡って均衡し安定な干渉記録を行うことができる。

【0027】本実施形態に係るホログラム作成方法は、  
20 上述した本実施形態に係るホログラム作成装置1を用いて、感光材料2上の複数の局所領域それぞれにおいて物体光と参照光とを干渉させて要素ホログラムを記録し感光材料2にホログラムを作成するものである。すなわち、本実施形態に係るホログラム作成方法では、計算機71による制御の下に、パルス電流駆動された光源1.0からパルス状のレーザ光を繰り返し出力させ、この光源1.0から出力されたレーザ光をハーフミラー20により2分岐する。そして、物体光学系により、ハーフミラー20で反射したレーザ光を空間光変調素子36により30 空間に変調して、この変調したレーザ光を物体光として感光材料2上の局所領域に入射させる。また、参照光光学系により、ハーフミラー20を透過したレーザ光を参照光として感光材料2上の局所領域に入射させる。光源1.0からレーザ光が出力されていない間に、感光材料2において次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように、物体光学系および参照光光学系に対して感光材料2を感光材料2の面に平行な方向に相対的に移動させる。そして、各局所領域に要素ホログラムを記録することにより、感光材料2にホログラムを作成する。

【0028】ここで、実施例および比較例について説明する。比較例では、室温25°Cの環境下で、恒温制御や安定化対策をしないHe-Neレーザ光源（出力パワー10mW）を、ON期間が1秒であってOFF期間が0.5秒であるメカニカルシャッターと共に用い、4時間に亘り約1万個の要素ホログラムを記録したところ、1%程度の割合で欠陥が発生した。これに対して、第1実施例では、半導体レーザ光源（出力波長650nm、出力パワー20mW）を光源1.0として用いて、ON期間を1秒としOFF期間を0.5秒として光源1.0をパ

ルス駆動し、 $20^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に光源10を恒温制御して、4時間に亘り約1万個の要素ホログラムを記録したところ、欠陥を有する要素ホログラムの個数は0であった。また、第2実施例では、半導体レーザ光源から出力されるレーザ光を励起光とする励起YAGレーザ（出力波長532nm、出力パワー3mW）を光源10として用いて、同様にON期間を1秒としOFF期間を0.5秒として光源10をパルス駆動し、 $20^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に光源10を恒温制御して、4時間に亘り約1万個の要素ホログラムを記録したところ、欠陥を有する要素ホログラムの個数は0であった。

【0029】以上のように、本実施形態に係るホログラム作成装置1またはホログラム作成方法によれば、パルス電流駆動によりパルス状のレーザ光を繰り返し出力する光源10を用いるとともに、光源10からレーザ光が<sup>10</sup>出力されていない間に、次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように感光材料2を移動させる。このようにすることにより、振動を発生させるメカニカルシャッタや高価な超音波偏向素子が不要であり、これにより、装置構成が低価格であり、振動の問題が生じない。また、光源10として半導体レーザ光源や固体レーザ光源が用いられるので、装置構成が小型のものとなる。

【0030】次に、本実施形態に係るホログラム作成装置1における、感光材料2において要素ホログラムを作成する順序について説明する。図5～図7それぞれは、感光材料2において要素ホログラムを作成する順序を説明する図である。これらの図では、感光材料2上には81（=9行×9列）の局所領域があるものとして説明する。なお、要素ホログラムが記録される各局所領域の形状は、正方形や長方形であってもよいし円や楕円であってもよい。図5～図7それぞれに示したものは、露光を終了した局所領域から次に露光すべき局所領域への移動距離が常に最短かつ一定である。

【0031】図5では、最も上の行である第1行（i=1）の左から右へ（j=1→9）順に各局所領域を露光し、次に、その直下の行である第2行（i=2）の右から左へ（j=9→1）順に各局所領域を露光し、更にその直下の行である第3行（i=3）の左から右へ（j=1→9）順に各局所領域を露光していく、以下も同様にしてジグザグ状に順に各局所領域を露光していく。図6では、第1番目に中央にある第5行第5列の局所領域を露光し、第2番目にその右にある第5行第6列の局所領域を露光し、第3番目にその上にある第4行第6列の局所領域を露光し、第4番目にその左にある第4行第5列の局所領域を露光し、第5番目にその左にある第4行第4列の局所領域を露光し、第6番目にその下にある第5行第4列の局所領域を露光し、以下も同様にして渦巻き状に順に各局所領域を露光していく。図7では、第1番目に左上角にある第1行第1列の局所領域を露光し、第

2番目にその右にある第1行第2列の局所領域を露光し、第3番目にその下にある第2行第2列の局所領域を露光し、第4番目にその左にある第2行第1列の局所領域を露光し、第5番目にその下にある第3行第1列の局所領域を露光し、第6番目にその右にある第3行第2列の局所領域を露光し、以下も同様にして斜めジグザグ状に順に各局所領域を露光していく。

【0032】これらのように、露光を終了した局所領域から次に露光すべき隣りの局所領域への移動距離が常に最短かつ一定であれば、感光材料2全体を露光してホロ

グラムを作成するのに要する時間を最短とすることができる。また、光源10がレーザ光を一定周期で出し、デューティ比（出力期間と停止期間との比）を一定とすることで、光源10を恒温に制御することが容易となり、光源10から出力されるレーザ光の波長が安定し、安定したホログラムの作成が可能となる。

【0033】図8も、感光材料2において要素ホログラムを作成する順序を説明する図である。この図でも、感光材料2上に81（=9行×9列）の局所領域があるものとして説明する。この図に示したものは、露光を終了した局所領域から次に露光すべき局所領域への移動距離が常に最短かつ一定であるとは限らない。図8では、最も上の行である第1行（i=1）の左から右へ（j=1→9）順に各局所領域を露光し、次に、その直下の行である第2行（i=2）の左から右へ（j=1→9）順に各局所領域を露光し、更にその直下の行である第3行（i=3）の左から右へ（j=1→9）順に各局所領域を露光していく、以下も同様にして各行について左から右へ（j=1→9）順に各局所領域を露光していく。

【0034】この図8に示した要素ホログラム作成順序は、何らかの理由により図5～図7それぞれに示した要素ホログラム作成順序を実施できない場合に有効となる。例えば、空間光変調素子36に表示する画像の順番が時系列データとして遠方より制限を受けた形で受信する場合や、ステージ駆動機構を安価な機構にした場合において無視できないバッククラッシュが発生することから正確な位置に移動するため常に一方向に移動を継続する必要が有る場合などである。図8では、各行第9列の要素ホログラムが作成された局所領域（j=9）から、次行第1列の要素ホログラムが作成される局所領域（j=1）へ移動する際に、ステージを一辺分だけ（j=9→1）移動させなくてはならない。したがって、図9にタイミングチャートを示すように、第9列から第1列への移動期間中の露光を避けるため、この移動期間中は光源10への駆動電流を一時休止する必要がある。この休止期間の後すぐに光源10の波長判定性を確保するには、ダミーの記録を多数回同じ露光エリアに行なうことで光源10の温度の安定を図る手法が考えられる。しかし、無駄な記録時間と要素ホログラムの記録点が発生する。この回避策として光源10の恒温温度を結露が発生

しない程度の低温に保持しておく手法について以下に説明する。

【0035】一般に、半導体レーザ光源のコヒーレンスを利用しスペックル干渉計、ホログラフィ干渉計、マイケルソン干渉計またはマッハツェンダ干渉計を利用した計測器においては、半導体レーザ光源を休止期間の無い一定電流駆動で用い、その半導体レーザ光源の恒温温度を室温に近いものとしている。半導体チップや光学結晶の温度が変化すると、膨張したり屈折率が変化するため光路長が変化して内部共振距離が変化し、発振波長が変動したりジャンプするモードホップ現象が発生するが、これを有効に回避するために、半導体レーザ光源を恒温制御することで、半導体レーザ光源や半導体レーザ励起固体レーザ光源の波長安定化を図っている。

【0036】この内部共振距離の変化に因る発振波長変化については、高温時の単位温度変化に対する発振波長変化と比較すると、低温時の単位温度変化に対する発振波長変化の方が小さい。したがって、なるべく低温に恒温制御することで、或る程度の駆動電流の休止期間があつても、比較的波長変化を起こさずに光源10を使用することができることになる。

【0037】また半導体レーザー励起固体レーザーの場合には、光学結晶に対する励起光の入射角の温度依存性が有り、コヒーレンスを高く保つ特定の温度となるべくオン、オフ比に応じた恒温制御に注意を払う必要があるが、半導体レーザー単独の発振とは異なり、半導体レーザーチップと比較して熱容量の大きな光学結晶を用いているため、励起半導体レーザーの駆動電流のオン、オフによる熱の影響を受けにくい。従って短時間の駆動電流休止期間があつても、波長変化を起こさずに光源10を使用することができることになる。

【0038】発振波長変化を起こさずに済む休止期間は恒温制御能力により異なるが、半導体レーザ光源（出力波長650nm、出力パワー20mW）を光源10として用いて、ON期間を1秒としOFF期間を0.5秒として光源10をパルス駆動し、20秒の休止時間を与えた実施例では、室温25℃において恒温制御した場合には波長安定性を確保する回復時間が30秒程度必要であったのに対して、10℃±0.1℃に恒温制御した場合には殆ど発振波長変化は発生しなかった。また、半導体レーザ光源から出力されるレーザ光を励起光とする励起YAGレーザ（出力波長532nm、出力パワー3mW）を光源10として用いた場合も同様であった。さらに同様な励起YAGレーザ（出力波長473nm、出力パワー3mW）を光源10として用いた場合も同様であった。このように、光源10から出力されるレーザ光の波長を安定に維持し得る低温になるよう光源10の温度を制御することにより、第9列から第1列への移動の際の休止期間の後に直ちに露光を開始することが可能である。

【0039】以上までの説明では、多数の要素ホログラムの露光の開始から終了までに光源10から出力されるレーザ光の波長安定性について述べてきたが、以下では、光源10に駆動電流を供給する駆動回路に電源を投入してから確実な露光開始タイミングを得るために手法について説明する。ホログラムを撮影するための準備段階として、波長安定性の確保のために干渉稿が静止していることを確認することが必要である。具体的には、本番の撮影を行う前に、光源10の発光開始から波長が安定すると思われる30分から1時間程度に亘って光源10を放置することや、ホログラム撮影とは別の干渉計にレーザ光を導きその干渉稿を1次元センサまたは2次元センサで撮像し静止していることを確認することや、試験的にホログラムを撮影・現像・再生してレーザ光が安定していることを確認することが行われている。しかし、ホログラム作成装置の安定動作・自動動作・起動時間短縮は、前記の放置や試験撮影の手法では達成され得ない。また、光学干渉計を組み込むことは、レーザ光のロスが生じ、付加装置が高価格となるので、好ましくはない。そこで半導体レーザ光源の恒温制御の挙動をモニタすることで、安価・安定・自動動作・起動時間短縮を達成することが可能となる。

【0040】図10は、本実施形態に係るホログラム作成装置1の光源10の温度を制御する温度制御回路の回路図である。この温度制御回路は、光源10の温度が設定温度の範囲内であることを示すモニタ出力付きの回路である。基準電圧発生器81は、設定温度範囲の上限温度に対応する電圧V<sub>1</sub>を発生させる。基準電圧発生器82は、設定温度範囲の下限温度に対応する電圧V<sub>2</sub>を発生させる。抵抗器R4およびR5は、互いに直列接続されて、基準電圧発生器81の出力端と基準電圧発生器82の出力端との間に設けられ、各々の抵抗値の比に応じて電圧V<sub>1</sub>と電圧V<sub>2</sub>との間の値の電圧V<sub>3</sub>を両者の間の接続点に出力する。差動アンプ83は、その非反転入力端子が抵抗器R4と抵抗器R5との接続点に接続され、その反転出力端子がリニアライズ回路84の出力端に接続されている。リニアライズ回路84は、抵抗値に基づいて光源10の温度を検知するサーミスタ（温度センサ）18の電流を入力し、この電流を波形整形し線形増幅して電圧値に変換し、この電圧V<sub>4</sub>を差動アンプ83の反転入力端子へ出力する。

【0041】差動アンプ83は、光源10の設定温度に対応する電圧V<sub>5</sub>（非反転入力端子に入力する電圧値）と光源10の実測温度に対応する電圧V<sub>4</sub>（反転入力端子に入力する電圧値）との差を求めて差電圧V<sub>5</sub>を出力する。比例回路85は、差動アンプ83から出力された電圧V<sub>5</sub>を入力して、この電圧V<sub>5</sub>の値に比例する電圧を出力する。積分回路86は、差動アンプ83から出力された電圧V<sub>5</sub>を入力して、この電圧V<sub>5</sub>の値を積分し、その積分値に応じた電圧を出力する。電流ブースタ回路8

7は、比例回路85および積分回路86それぞれから出力された電圧を入力し、この電圧に応じた値の電流をペルチエ素子（電子冷却機）13へ出力する。すなわち、光源10の温度はP/I制御により恒温に維持される。

【0042】電圧比較器88は、基準電圧発生器81から出力された設定温度範囲の上限温度に対応する電圧V<sub>1</sub>を非反転入力端子に入力し、差動アンプ83から出力された電圧V<sub>5</sub>を反転入力端子に入力し、これら2つの電圧の値を比較して、光源10の実測温度が設定温度範囲の上限値より低い場合には論理値Hを出力し、そうでない場合には論理値Lを出力する。電圧比較器89は、基準電圧発生器82から出力された設定温度範囲の下限温度に対応する電圧V<sub>2</sub>を反転入力端子に入力し、差動アンプ83から出力された電圧V<sub>6</sub>を非反転入力端子に入力し、これら2つの電圧の値を比較して、光源10の実測温度が設定温度範囲の下限値より高い場合には論理値Hを出力し、そうでない場合には論理値Lを出力する。論理積回路90は、電圧比較器88および89それぞれから出力された論理値を入力しこれら2つの論理値の論理積を求め、この論理積の結果を示す論理値を出力する。計算機71は、論理積回路90から出力される論理値をモニタすることで、光源10の実測温度が設定温度範囲内にあるか否かを判断し、また、光源10の波長安定到達を検知して、光源10を駆動する駆動回路への電源投入から短時間で実際のホログラム露光を開始することができる。

#### 【0043】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、パルス電流駆動によりパルス状の可干渉光を繰り返し出力する光源を用いるとともに、光源から可干渉光が出力されていない期間に、次に要素ホログラムを作成すべき局所領域に物体光および参照光が入射するように感光材料を移動させる。このようにすることにより、振動を発生させるメカニカルシャッタや高価な超音波偏光素子が不要であり、これにより、装置構成が低価格であり、振動の問題が生じない。また、光源として半導体レーザ光源や固体レーザ光源が用いられるので、装置構成が小型のものとなる。

【0044】また、光源から可干渉光を一定周期かつ一定デューティ比で出力し、光源から可干渉光が出力されていない間に、感光材料において次に要素ホログラムを作成すべき隣りの局所領域に物体光および参照光が入射するように、物体光光学系および参照光光学系と感光材料とを感光材料の面に平行な方向に相対的に移動させるのが好適である。この場合には、露光を終了した局所領域から次に露光すべき隣りの局所領域への移動距離を常に最短かつ一定とすることができ、感光材料全体を露光してホログラムを作成するのに要する時間を最短とすることができます。また、光源が可干渉光を一定周期かつ一定デューティ比で出力するので、光源を恒温に制御す

ることが容易となり、光源から出力される可干渉光の波長が安定し、安定したホログラムの作成が可能となる。

【0045】また、ホログラム作成の際に光源の温度を制御するのが好適である。この場合には、設定温度範囲内になるように光源の温度を制御することにより、光源から出力される可干渉光の波長安定性を確保して、安定したホログラムを作成する上で好適である。

【0046】また、光源から出力される可干渉光の波長を安定に維持し得る低温になるよう光源の温度を制御するのが好適である。この場合には、単位温度変化に対する発振波長変化の方が小さい低温に光源の温度を制御することにより、或る程度の駆動電流の休止期間があっても、比較的波長変化を起こさずに光源を使用することができる。

【0047】また、光源から出力される可干渉光の波長の安定性を温度制御により確保した後にホログラム作成を開始するのが好適である。この場合には、光源に駆動電流を供給する駆動回路に電源を投入してから、光源から出力される可干渉光の波長の安定性が確保された後に要素ホログラムの作成を開始するので、確実な露光開始タイミングを得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係るホログラム作成装置1の構成図である。

【図2】本実施形態に係るホログラム作成装置1の光源10周辺の断面図である。

【図3】本実施形態に係るホログラム作成装置1の光源10を駆動する駆動回路の回路図である。

【図4】本実施形態に係るホログラム作成装置1における、光源10に供給される駆動電流のON/OFF、光源10から出力されるレーザ光のコヒーレンス状態の変化、および、ステージ61、63、64の移動/停止、それぞれのタイミングを説明する図である。

【図5】感光材料2において要素ホログラムを作成する順序を説明する図である。

【図6】感光材料2において要素ホログラムを作成する順序を説明する図である。

【図7】感光材料2において要素ホログラムを作成する順序を説明する図である。

【図8】感光材料2において要素ホログラムを作成する順序を説明する図である。

【図9】本実施形態に係るホログラム作成装置1における、光源10に供給される駆動電流のON/OFF、および、ステージ61、63、64の移動/停止、それぞれのタイミングを説明する図である。

【図10】本実施形態に係るホログラム作成装置1の光源10の温度を制御する温度制御回路の回路図である。

【図11】従来のホログラム作成技術の説明図である。

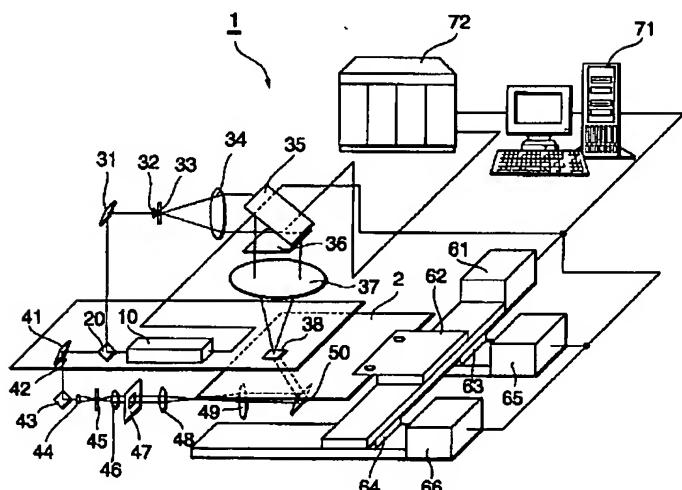
#### 【符号の説明】

50 1…ホログラム作成装置、2…感光材料、10…光源、

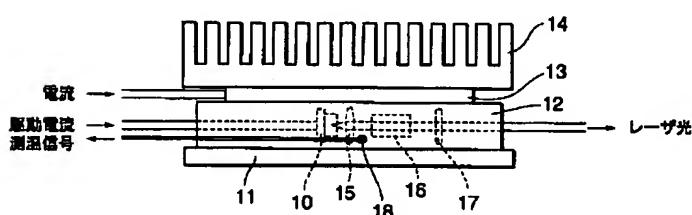
11…断熱支持体、12…ケース、13…電子冷却機、  
14…放熱板、15…光学部品、16…光学結晶、17…  
…フィルタ、18…温度センサ、20…ハーフミラー、  
31…ミラー、32…レンズ、33…ピンホール、34…  
…レンズ、35…ミラー、36…空間光変調素子、37…  
…レンズ、38…マスク、41…ミラー、42…貫通  
孔、43…ミラー、44…レンズ、45…ピンホール、  
46…レンズ、47…マスク、48…レンズ、49…レ\*

\*ンズ、50…ミラー、61…Xステージ、62…パルス  
モータ、63、64…Yステージ、65、66…パルス  
モータ、71…計算機、72…高速専用計算機、81、  
82…基準電圧発生器、83…差動アンプ、84…リニア  
アライズ回路、85…比例回路、86…積分回路、87…  
…電流ブースタ回路、88、89…電圧比較器、90…  
論理積回路。

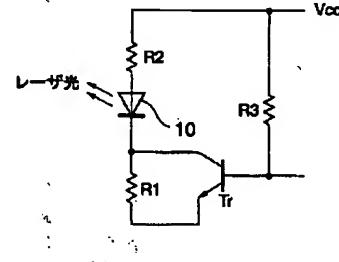
【図1】



【図2】



【図3】

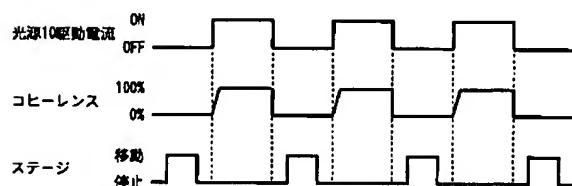


【図5】

j=1	2	3	4	5	6	7	8	9	
i=1	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
2	18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10
3	19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26	-27
4	38	-35	-34	-33	-32	-31	-30	-29	-28
5	37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	-44	-45
6	54	-53	-52	-51	-50	-49	-48	-47	-46
7	55	-56	-57	-58	-59	-60	-61	-62	-63
8	78	-71	-70	-69	-68	-67	-66	-65	-64
9	79	-74	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81

【図6】

j=1	2	3	4	5	6	7	8	9	
i=1	58	-64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57
2	66	37	-38	-35	-34	-33	-32	-31	-56
3	67	38	17	-16	-15	-14	-13	-30	-55
4	68	39	18	8	-4	-3	12	29	54
5	69	40	19	5	1	-22	11	28	53
6	70	41	20	7	-8	-9	-20	27	52
7	71	42	21	-22	-23	-24	-25	-26	51
8	72	43	14	-45	-46	-47	-48	-49	-50
9	73	74	75	-76	-77	-78	-89	-88	-81



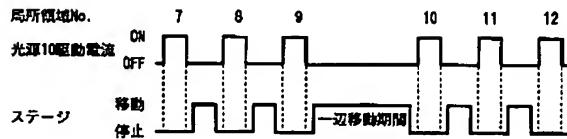
【図7】

	j=1	2	3	4	5	6	7	8	9
i=1	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
2	4	-9	8	11	24	27	48	51	80
3	5	-6	-7	12	23	28	47	52	79
4	13	-15	-14	-13	22	29	45	53	78
5	17	-18	-19	-20	21	30	45	54	77
6	39	-35	-34	-33	-32	-31	44	55	76
7	37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	56	75
8	64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57	74
9	65	66	67	68	69	70	71	72	73

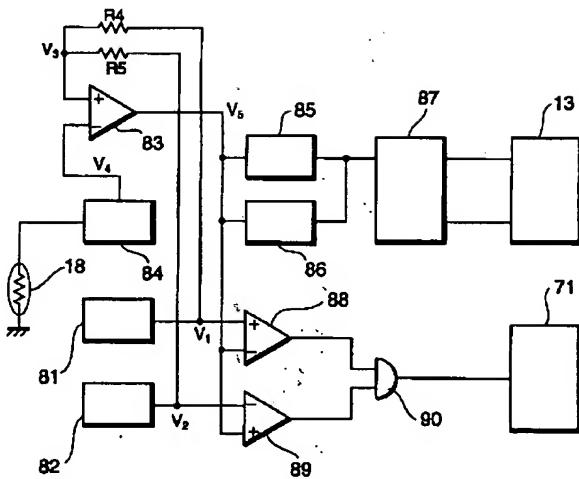
【図8】

	j=1	2	3	4	5	6	7	8	9
i=1	...1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
2	<10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18
3	<19	20	21	-22	-23	-24	-25	-26	-27
4	<28	-29	-30	-31	-32	-33	-34	-35	-36
5	<37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	-44	-45
6	<46	-47	-48	-49	-50	-51	-52	-53	-54
7	<55	-56	-57	-58	-59	-60	-61	-62	-63
8	<64	-65	-66	-67	-68	-69	-70	-71	-72
9	<73	-74	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81

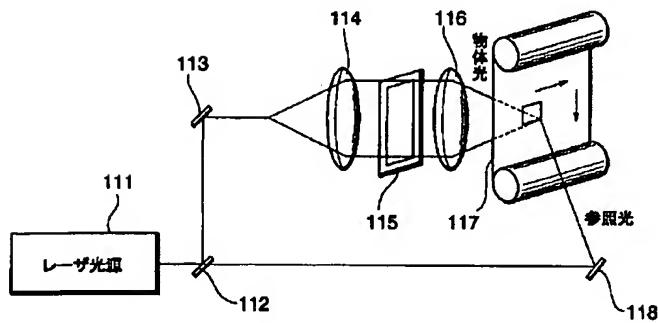
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 今 健次  
青森県むつ市中央2丁目24-2 有限会社  
アートナウ内

F ターム(参考) 2K008 AA04 BB04 DD12 EE04 FF03  
FF27 HH01 HH06 HH18 HH26